



DOI: 10.24850/j-tyca-2019-02-06

Artículos

**Observaciones y análisis de parámetros
hidromorfológicos de la playa Las Glorias, México**
**Observation and analysis of hydro-morphologic
parameters in Las Glorias beach, Mexico**

Cuauhtémoc Franco-Ochoa¹

Fernando García-Paéz²

Wenseslao Plata-Rocha³

José Miguel Montoya-Rodríguez⁴

Miguel Ángel Vergara-Sánchez⁵

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México,
cfrancoo@uas.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-7554-3603>

²Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México,
garpaez@uas.uasnet.mx

³Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México,
wenses@uas.edu.mx

⁴Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México,
mmontoya@imt.mx

⁵Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México
mvergara@ipn.mx

Autor para correspondencia: Cuauhtémoc Franco-Ochoa,
cfrancoo@uas.edu.mx

Resumen

Con base en mediciones y muestreos realizados trimestralmente a lo largo de 18 perfiles de la playa Las Glorias a partir de agosto de 2015 hasta mayo de 2016 y con los datos de oleaje proporcionados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), por un lado, se analiza los cambios del perfil de la playa y su relación con el régimen de oleaje que incide sobre ella y, por otro lado, se proporciona una base de datos que incluye el análisis de datos de oleaje, sedimento y morfología de la playa para futuros estudios sobre su morfodinámica. Los resultados revelaron que la distribución de sedimentos en la playa es espacial y temporalmente muy homogénea y que el ciclo interanual de cambio del perfil de playa responde al régimen estacional del oleaje.

Palabras clave: perfil de playa, playa Las Glorias, oleaje, morfología.

Abstract

The aim of this study was to provide and analyze wave, sediment and morphology data of the Las Glorias beach, which on one side allow to determine the variability of the beach profile and its relationship with the wave regime, and on another side provides a base data including sedimentology for their further studies on morphodynamics. The sediment and morphology data of the Las Glorias beach were collected along eighteen beach profiles quarterly, from August 2015 to May 2016, and the wave data was provided by the Mexican Institute of Transportation. The results show that the distribution of sediments on the beach is very homogeneous and the changes in the beach profile responds faithfully to the seasonal variation of the waves.

Keywords: Beach profile, Las Glorias Beach, waves, morphology.

Recibido: 13/01/2018

Aceptado: 08/08/2018

Introducción

La playa "Las Glorias" se localiza en el Golfo de California, sobre el litoral del estado de Sinaloa, entre los meridianos 747 000 m y 753 000 m, y los paralelos 2 798 000 m y 2 802 000 m de la zona 12 norte del sistema de proyección UTM (Figura 1). Tiene una extensión aproximada de 5 km. Está limitada en sus extremos por escolleras basadas en roca. Su morfología en planta es prácticamente recta, con batimetría paralela. Hacia la playa descargan dos cuencas hidrológicas: la cuenca del río Sinaloa y la cuenca Bahía Lechuguilla-Ohuira-Navachiste. El clima es árido y semiárido, con lluvias principalmente en verano (García, 2004). En el frente de esta playa se presentan mareas astronómicas mixtas, con predominancia semidiurna (SMN, 2018); es decir, se producen dos pleamares y dos bajamares durante cada día lunar, y los niveles de dos pleamares o bajamares consecutivos son similares por lo general. La amplitud de estas mareas se ubica en el rango micromareal (menor a 2 m) de acuerdo con la clasificación de Davies (1964).

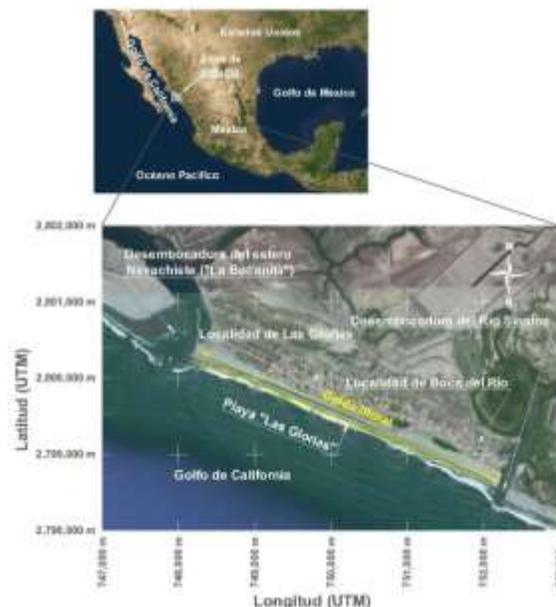


Figura 1. Localización de la playa "Las Glorias", Sinaloa, México.

De acuerdo con Alcántar (2007), en la década de 1980 se podía observar la formación de flechas de arena frente a las desembocaduras del río Sinaloa y del estero Navachiste debido a la interacción entre oleaje, corrientes y transporte litoral. La flecha frente al río Sinaloa provocó que el río cambiara su curso hacia el noroeste y desembocara aproximadamente a la mitad de la playa Las Glorias. En la misma década se terminaron de construir las presas Lic. Gustavo Díaz Ordaz y Lic. Guillermo Blake Aguilar sobre los cauces del río Sinaloa y de su principal afluente, el arroyo Oconori, respectivamente, lo que provocó una drástica reducción del aporte de sedimento hacia la playa, dando como consecuencia una descompensación sedimentaria que generó así el inicio de la erosión de la playa.

Después, a inicios del decenio de 1990, se dragó un canal sobre la playa, con el propósito de reubicar hacia el sureste la desembocadura del río Sinaloa; al mismo tiempo, se construyeron dos escolleras basadas en roca, con la finalidad de estabilizar en lo horizontal dicha desembocadura.

Así, por un lado, en la parte posterior de la playa se generaron pequeñas lagunas, producto del meandro antiguo del río Sinaloa, y por otro, se generó una barrera física que interrumpía el paso del transporte de sedimento litoral hacia el lado de la playa Las Glorias. Esto agravó la descompensación sedimentaria en la que se encontraba.

En cuanto a los cambios de la línea de costa de la playa, Alcántar (2007) estimó que ésta retrocedió 149 m lineales entre 1980 y 2004, con una tasa promedio de erosión de 6.2 m/año. La mayor tasa de erosión se presentó entre 1990 y 1994, siendo de 9.2 m/año, erosión que podría estar asociada con la construcción de las escolleras en la desembocadura del río Sinaloa en 1992 y 1993. En cuanto a los perfiles, reporta que el de erosión se presenta en verano, mientras que el de acreción en invierno.

Con el venir de los años se han realizado algunas acciones enfocadas a la restauración y recuperación de la playa Las Glorias. Las más importantes se efectuaron en 2006, y consistieron en un relleno de playa en una longitud de 2 km y un ancho promedio de 71.50 m, con una elevación de + 1.0 m sobre el nivel de baja mar media inferior

(NBMI), y la construcción de una escollera en la desembocadura del estero Navachiste; aunque se proyectó para una longitud de 311.90 m, sólo se construyeron 146.90 m (Limón, 2010). En relación con la respuesta de la playa a estas obras, Zayas (2010) reportó que entre 2003 y 2008 se presentó tanto avance como retroceso de la línea de costa de la playa; en general, la línea de costa avanzó al noroeste de la playa debido a la acumulación de sedimentos en la escollera, mientras que en el resto de la playa la línea de costa retrocedió, sobre todo en la zona de las construcciones.

De acuerdo con lo anterior, se concluye que la playa se encuentra bajo considerables condiciones de alteración antrópica, en particular por la construcción de obras de ingeniería tanto en la playa como en el río Sinaloa, observándose un estado avanzado de deterioro a causa de la erosión que provoca dicha alteración antrópica.

Ante la situación inestable de la playa es evidente la necesidad de establecer medidas de restauración y recuperación de la misma; por tanto, se requiere un estudio detallado para comprender el grado de equilibrio que guarda y los procesos que intervienen en ella. En este sentido, el presente estudio se enfoca en proporcionar y analizar datos de oleaje, sedimento y morfología de la playa que, por un lado, permiten entender la relación entre el cambio temporal de la forma del perfil de la playa y la dinámica del oleaje que involucra transporte de sedimento y, por otro lado, proporcionar una base para estudios posteriores sobre su morfodinámica.

Metodología

Adquisición y estadística de datos de oleaje

La información del oleaje analizada en este trabajo corresponde al nodo PAC17MX, ubicado a 25° latitud norte y 109° longitud oeste del Atlas de Oleaje Oceánico Mexicano (ATLOOM) del Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Dicho Atlas se generó utilizando el modelo de oleaje WAMC4 (*Wave Model*), con información meteorológica de las agencias *National Center for Environmental Prediction* (NCEP) y *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), con el cual se generaron 44 años de información de oleaje en la región de aguas profundas a lo largo del litoral mexicano (del 1° de enero de 1958 al 31 de diciembre de 2001); los resultados que se obtuvieron se compararon y validaron con la información registrada por boyas direccionales del *National Data Buoy Center* (NDBC) (Montoya, 2016).

El análisis del oleaje se llevó a cabo previa clasificación de los datos por estación climática (verano, otoño, invierno y primavera). La Tabla 1 muestra los meses que se consideraron para definir cada estación climática, así como el número de datos que incluyeron.

Tabla 1. Meses considerados para definir las diferentes estaciones climáticas del año y el número de datos incluidos en cada una de las mismas.

Estación climática	Meses considerados	Núm. de datos
Verano	Junio-agosto	99 182
Otoño	Septiembre-noviembre	93 783
Invierno	Diciembre-febrero	89 789
Primavera	Marzo-mayo	97 006
Total		379 760

Para caracterizar el oleaje mediante su altura, periodo, dirección y frecuencia de ocurrencia se generaron rosas de oleaje de altura y periodo. Asimismo, se evaluaron los siguientes parámetros estadísticos del oleaje: altura media (\bar{H}), periodo medio (\bar{T}), dirección media ($\bar{\theta}$) y los percentiles 50 (H_{50}) y 100 (H_{100}) de altura de ola.

Refracción y someramiento del oleaje

Se aplicó el método de las ortogonales para calcular la transformación del oleaje por refracción y someramiento descrito en el Manual de Ingeniería Costera de la Armada de los Estados Unidos (Vincent, Demirbilek, & Weggel, 2002). Esto, con la finalidad de estimar en la región de aguas someras la magnitud de las alturas y orientación del oleaje al frente de la playa, a partir de la información del oleaje en aguas profundas del Atlas de Oleaje Oceánico Mexicano.

La altura de la ola transformada en algún punto particular en aguas poco profundas (H_1) se calcula como:

$$H_1 = H_0 \times K_s \times K_r$$

Donde H_0 es la altura de ola en aguas profundas; K_s , el coeficiente de someramiento, y K_r es el coeficiente de refracción.

El coeficiente de someramiento, K_s , se calcula como:

$$K_s = \left(\frac{C_{go}}{C_{gl}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde C_{go} y C_{gl} son las celeridades de grupo de olas para aguas profundas y de transición, respectivamente, y se calculan como:

$$C_{go} = \frac{1}{2} \left(\frac{gT}{2\pi} \right)$$

y

$$C_{gl} = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] \left(\frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \right)$$

Aquí, g es la gravedad; T denota el periodo de ola; L es la longitud de ola en una ubicación particular, y d representa la profundidad del agua.

Por otro lado, el coeficiente de refracción se calcula como:

$$K_r = \left(\frac{1 - \sin^2\theta_0}{1 - \sin^2\theta_1} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Donde θ_0 es el ángulo de incidencia en aguas profundas (dirección de la ola); θ_1 , el ángulo de incidencia en un lugar en particular en aguas someras. Dado que el oleaje con ciertas aproximaciones cumple la Ley de Snell, se puede plantear que:

$$\frac{\sin \theta_1}{C_1} = \frac{\sin \theta_0}{C_0}$$

Aquí, C_1 y C_0 son la celeridad de la ola en aguas someras y profundas, respectivamente, y se calculan como:

$$C_1 = \frac{L}{T}$$

y

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi}$$

Por lo tanto, el ángulo de incidencia en un lugar en particular en aguas someras se calcula con la ecuación derivada de la Ley de Snell e igual a:

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left(\frac{C_1 \times \sin \theta_0}{C_0} \right)$$

Medición de perfiles de playa

Para la medición de los perfiles de playa se establecieron puntos de control geodésicos mediante mediciones satelitales en modo estático con receptores GPS de doble frecuencia para ligar los puntos topobatemétricos a la red geodésica nacional activa (RGNA) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010), en particular al vértice de Culiacán.

De este modo se establecieron los puntos geodésicos de apoyo horizontal y vertical, con sus coordenadas geodésicas y UTM conocidas, así como su elevación sobre el nivel medio del mar (nmm), que permitió, mediante el seccionamiento transversal de la línea de costa, obtener la caracterización de los principales elementos que, de acuerdo con Carranza y Caso (1994), conforman el perfil de la playa.

Para lograr dicha caracterización se midieron las elevaciones del terreno natural a lo largo del perfil de la playa con distancias variables de entre 5 y 20 metros, en función de los cambios de pendiente del relieve, que va desde el límite superior en tierra de la playa hasta la zona de rompientes, por lo general durante marea baja para poder cubrir una mayor longitud de playa. Dichas mediciones se obtuvieron utilizando un taquímetro electrónico (estación total) y prismas con bastón, es decir, mediante taquimetría o nivelación trigonométrica, y no incluyen la parte del perfil de la playa que va más allá de la zona de rompientes en dirección hacia el mar.

La separación entre perfiles de playa sucesivos fue de unos 250 m, dando un total de 18 perfiles (Figura 2).



Figura 2. Ubicación de los perfiles de playa.

El procesamiento de la información obtenida tanto de las mediciones GPS como las taquimétricas se procesaron mediante métodos geodésicos y topográficos rigurosos en *software* especializado que posee una interfaz entre equipo y computadora para obtener la información de los puntos de control, y de las secciones transversales en el Sistema de Referencia Global ITRF2008 y en la proyección cartográfica *Universal Transverse Mercator* (UTM). Una vez obtenido el archivo digital de puntos, se procedió a realizar el dibujo cartográfico en los *software Autocad®*, *Civilcad®* y *Matlab®*, para obtener la línea de costa y los perfiles de playa.

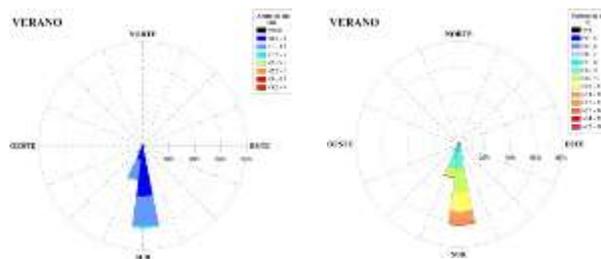
Muestreo de sedimentos

Se recolectaron muestras de sedimento a lo largo de los perfiles de playa de la Figura 2. Los elementos del perfil sobre los cuales se recolectaron fueron el límite superior de la playa (*berma* o *duna*), y las zonas de barrido y vaivén. Las muestras fueron de unos 2 kilogramos y se extrajeron de manera superficial. En total se recolectaron 198 muestras, y se realizaron de forma paralela a la medición de los perfiles.

Se efectuó la granulometría de cada muestra recolectada por el método mecánico de tamices. La selección del conjunto de tamices se realizó de manera que quedaran convenientemente espaciadas de acuerdo con la distribución de los tamaños de los sedimentos. Asimismo, se estimaron algunos parámetros texturales de los sedimentos, como tamaño promedio (D_m), desviación estándar (σ), sesgo (SkI) y curtosis (KG).

Resultados

De los datos de oleaje en aguas profundas se observó que en todas las estaciones del año las mayores frecuencias de ocurrencia corresponden a oleajes con alturas de ola dentro de los intervalos de 0.5 a 1.0 m y 1.0 a 1.5 m, con periodos comprendidos entre 6 y 12 s, provenientes principalmente del sur y suroeste 22.5° (figura 3). Asimismo, se estimaron para primavera y verano los mayores valores de \bar{H} y H_{50} , los cuales son bastante similares, mientras que los menores valores se estimaron para invierno (Tabla 2). No obstante, se estimó para otoño el mayor valor de H_{100} seguido de verano, primavera e invierno. Respecto a los valores estimados de \bar{T} , se observó que son bajos y mostraron poca variabilidad estacional.



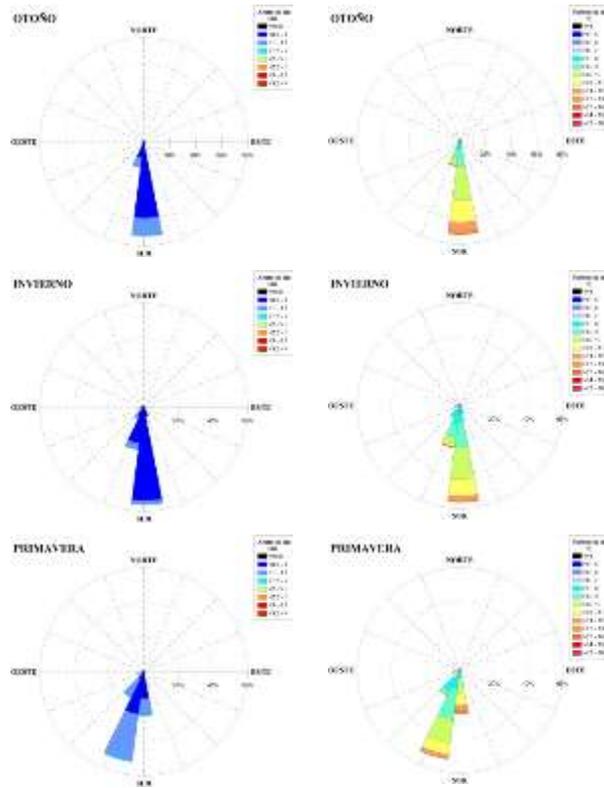


Figura 3. Rosas de oleaje de altura y periodo por estación climática.

Tabla 2. Valores estimados de los parámetros estadísticos del oleaje en aguas profundas: altura media (\bar{H}), periodo medio (\bar{T}), dirección media ($\bar{\theta}$) y los percentiles 50 (H_{50}) y 100 (H_{100}) de altura de ola.

Estación climática	\bar{H} m	H_{50} m	H_{100} m	\bar{T} s	$\bar{\theta}$ °
Verano	1.05	1.28	2.66	9.12	189.20
Otoño	0.93	1.09	3.02	9.30	186.18
Invierno	0.80	0.97	2.06	8.53	192.15
Primavera	1.07	1.30	2.25	8.81	203.00

Por otra parte, no se apreció a lo largo del año una diferencia considerable en el oleaje en aguas someras al frente de la playa en términos de su dirección de forma predominante; incide sobre la playa

de forma casi perpendicular (Figura 4, Tabla 3). En cuanto a su altura, igualmente se mostró bastante regular, en un rango de 1.0 a 1.5 m, excepto en invierno, donde las alturas son menores, del orden de 0.5 a 1.0 m.

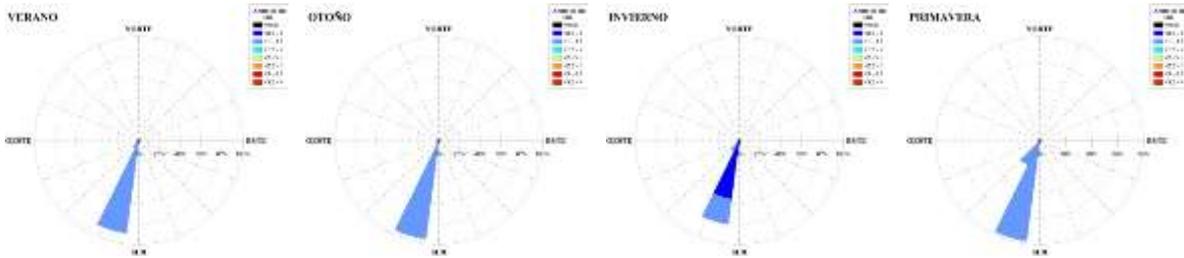


Figura 4. Rosas de oleaje afectado por la refracción y someramiento.

Tabla 3. Valores estimados de los parámetros estadísticos del oleaje transformado por refracción y someramiento: altura media (\overline{H}_R) y dirección media ($\overline{\theta}_R$).

Estación climática	\overline{H}_R m	$\overline{\theta}_R$ °
Verano	1.32	198.94
Otoño	1.17	197.98
Invierno	0.97	199.68
Primavera	1.33	203.24

En cuanto al perfil de la playa, se encontró que en todos los puntos de control, las dos formas extremas de perfil son las de verano e invierno (Figura 5). En general, la forma de la pendiente del perfil de verano es más pronunciada y con cambios bruscos; en cambio, el perfil de invierno muestra una pendiente suave más o menos continua; asimismo, se puede apreciar la formación de una berma.

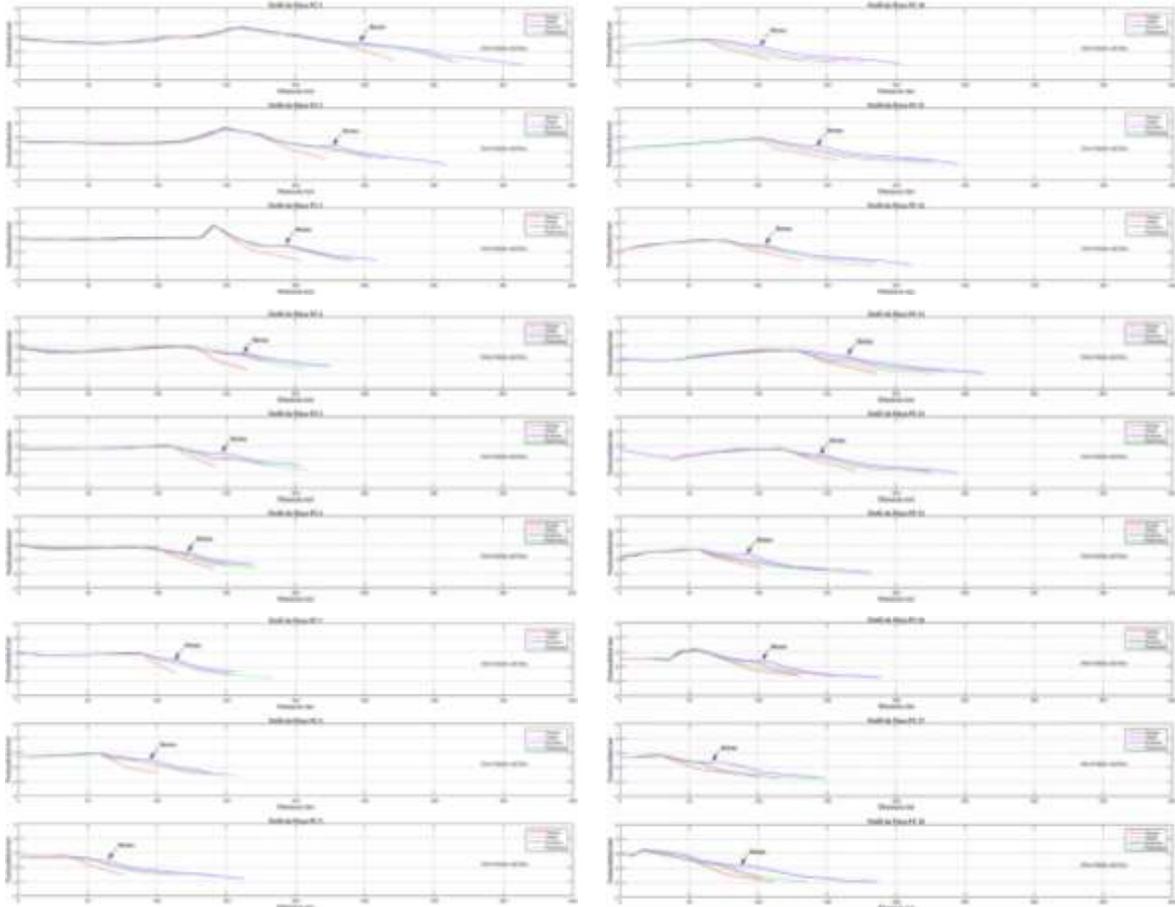


Figura 5. Perfiles de playa de los 18 puntos de control medidos trimestralmente a partir de agosto (verano) de 2015 hasta mayo (primavera) de 2016.

Respecto a los parámetros texturales de los sedimentos, no variaron de modo significativo a lo largo de la playa ni entre las estaciones climáticas (Tabla 4). En promedio mostraron en unidades Phi (ϕ) un tamaño de 2.477ϕ , desviación estándar de 0.134ϕ , asimetría de -0.145ϕ y curtosis de 1.364ϕ .

Tabla 4. Valores estimados de los parámetros texturales de los sedimentos en unidades Phi (ϕ): tamaño medio (D_m), desviación estándar (σ), sesgo (SkI) y curtosis (KG).

Estación	D_m	σ	Skl	KG
Verano	2.453	0.128	-0.163	1.321
Otoño	2.473	0.136	-0.142	1.399
Invierno	2.455	0.132	-0.115	1.344
Primavera	2.520	0.138	-0.159	1.391

Discusión

La estacionalidad del régimen del oleaje se ve reflejada en los cambios del perfil de la playa (figura 5), pues no es el mismo a lo largo del año. Los valores estimados de los parámetros estadísticos del oleaje (Tabla 4) indican que en otoño la altura de las olas comienza a disminuir, en comparación con los observados en verano, hasta alcanzar el oleaje de invierno; en tanto que en primavera aumenta la altura de las olas y se mantienen similares hasta verano. Tal comportamiento provoca que el perfil de la playa se acreciente de otoño a invierno, cuando el oleaje disminuye su altura hasta alcanzar en promedio valores bajos, y se erosione de primavera hasta verano, cuando el oleaje es de mayor altura y consistente. Estos cambios en el perfil de la playa ocurrieron prácticamente en todos los puntos de control a lo largo de la misma, los cuales guardan gran semejanza con los reportados por Alcántar (2007). Sin embargo, el ciclo interanual de cambio del perfil de playa de Las Glorias, que se compone de las fases de erosión y acreción, que se presentan en primavera-verano y otoño-invierno, respectivamente, no se muestra invertido, como lo señala Alcántar (2007), porque los cambios en la morfología del perfil de playa responden a los cambios en las condiciones del oleaje (Masselink & Hughes, 2003); es decir, oleaje de alta energía produce erosión y oleaje de baja energía acreción, tal y como se verificó en este trabajo.

El oleaje por efecto de la refracción y someramiento tiende a regularizarse al frente de la playa en términos de su dirección y altura

(Figura 4). No obstante, los oleajes de mayor altura dominan en primavera y verano; mientras que los de menor altura, en otoño e invierno (cuadro 5). Como el oleaje tiende a incidir, sobre todo de forma casi perpendicular sobre la playa en todas las estaciones climáticas del año, poco transporte de sedimento ocurre en sentido longitudinal a la playa; más bien, el transporte de sedimento es en sentido transversal, es decir, el oleaje de mayor altura erosiona la berma y tiende a depositar el sedimento al frente de la playa en forma de barra, que después es removido hacia la playa por el oleaje de menor altura para formar una nueva berma.

En relación con los parámetros texturales de los sedimentos, dado que éstos no variaron de forma significativa a lo largo de la playa ni entre las estaciones climáticas, su distribución es espacial y temporalmente muy homogénea. Teniendo en cuenta los valores límites de los parámetros texturales descrito en el Manual de Ingeniería Costera de la Armada de los Estados Unidos (King & Galvin, 2002), los sedimentos están constituidos por arena fina, muy bien clasificada, asimétrico hacia los tamaños gruesos y leptocúrtico. La homogeneidad del tipo de sedimento sugiere que éste tiene influencia relativa menor que el oleaje en los cambios del perfil de la playa.

Conclusiones

Los oleajes de mayor altura dominan en primavera y verano, mientras que los de menor altura en otoño e invierno. Sin embargo, en otoño se presentan las olas de mayor altura en el año; siendo ésta una condición en la que la playa puede cambiar su perfil en muy poco tiempo.

Los perfiles de playa presentan cambios morfológicos, con una marcada estacionalidad, donde se observa que la máxima acreción es en invierno y la máxima erosión en verano; con esto se verifica que el ciclo

interanual de cambio del perfil de playa responde al régimen estacional del oleaje.

La presencia de una berma es típica de invierno y la pendiente de la playa en su conjunto resulta ser menor que en las otras estaciones climáticas; por el contrario, la ausencia de berma y la mayor pendiente de la playa resultan típicas de verano.

La distribución del sedimento que compone a la playa es espacial y temporalmente muy homogénea; predominan las arenas finas.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Mexicano del Transporte (IMT) por la entrega de los datos de oleaje que se utilizaron para la elaboración de este trabajo.

Referencias

- Alcántar, R. (2007). *Variabilidad espacio temporal del perfil de playa, en playa Las Glorias en Guasave, Sinaloa* (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Guasave, Sinaloa, México.
- Carranza, E., & Caso, M. (1994). Zonificación del perfil de playa. *Revista Geo-UNAM*, 2, 26-32.
- Davies, L. (1964). A morphogenic approach to world shorelines. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 8, 27-42.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de Sinaloa. Recuperado de http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf
- King, D., & Galvin C. (2002). Coastal sediment properties (III-1-1-III-1-41). In: *Coastal Engineering Manual*. Washington, DC, USA: U.S. Army Corps of Engineers. Recovered from <https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/>

EngineerManuals/EM_1110-2-1100_Part-03.pdf?ver=2014-03-10-134006-163

- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Red Geodésica Nacional Activa*. Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/coordenadas2010.aspx>
- Limón, J. (2010). *Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular para el proyecto de: escolleras, protección marginal playera y dragado del canal de acceso en la Bocanita, municipio de Guasave, Sinaloa*. Recuperado de <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/sin/estudios/2010/25SI2010H0009.pdf>
- Montoya, M. (2016). Red Nacional de Datos Oceanográficos para Zonas Costeras. *Revista IC Ingeniería Civil*, 566, 14-18. Recuperado de https://issuu.com/helios_comunicacion/docs/ic-566_ok/16.
- Vincent, L., Demirbilek, Z., & Weggel, R. (2002). Estimation of nearshore waves (II-3-1-II-3-41). *Coastal Engineering Manual*. Washington, DC, USA: U.S. Army Corps of Engineers. Recovered from http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-1100_Part-02.pdf?ver=2016-02-11-153511-290
- SMN, Servicio Mareográfico Nacional. (2018). *Servicio Mareográfico Nacional*. Ciudad de México, México: Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://www.mareografico.unam.mx/portal/index.php?page=tiposMarea>
- Masselink, G., & Hughes, M. (2003). *Introduction to coastal processes and geomorphology*. London, UK: Hodder Education.
- Zayas, E. (2010). *Efectos en playas Las Glorias causados por la construcción del espigón al modificar el transporte litoral* (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Guasave, Sinaloa, México.